

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-315493

(43)Date of publication of application : 06.11.2003

(51)Int.Cl.

G21F 5/08

G21C 19/06

G21C 19/32

G21F 9/36

(21)Application number : 2002-116930

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 19.04.2002

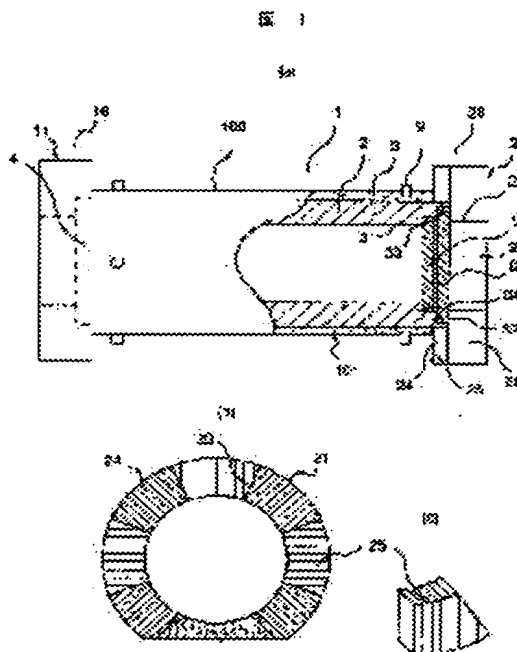
(72)Inventor : HIRANO ATSUYA  
SHIMIZU HITOSHI  
NEFU AKIRA  
AOIKE SATOSHI  
NAKANE KAZUOKI

## (54) IMPACT BUFFER BODY FOR FUEL CASK

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress the collapse of an impact buffer body due to buckling.

**SOLUTION:** An upper impact buffer body 20 having an axially symmetric U-shaped cross section is constituted by filling its interior with wood and surrounding its exterior with a steel cover 21. The upper impact buffer body 20 covers the upper surface of a secondary lid 6 and the side surfaces of the upper end part of the peripheral surfaces of an inner tube 2 by fitting the inner tube 2 in a recession formed in its upper surface. A lower impact buffer body 10 has the same constitution as that of the upper impact buffer body 20. Laminated plates 25 are arranged in the upper impact buffer body 20 in such a way as to face the outer circumferential surface of the inner tube 2. Each laminated plate 25 is filled in regions radiatively divided by radiative ribs 23 between the concentrically arranged steel cover 21 and a cylindrical rib 22. Each laminated plate 25 is arranged in such a way that the normal of the surface of each lamination of the laminated plate forms an angle of 25° with the circumferential direction of a cask. In the upper impact buffer body 20, balsa 26 is filled in parts except the laminated plates.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-315493  
(P2003-315493A)

(43) 公開日 平成15年11月6日 (2003.11.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード* (参考)
G 2 1 F 5/08		G 2 1 C 19/32	V
G 2 1 C 19/06		G 2 1 F 9/36	5 0 1 J
		5/00	S
G 2 1 F 9/36	5 0 1	G 2 1 C 19/06	S

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-116930(P2002-116930)

(22) 出願日 平成14年4月19日 (2002. 4. 19)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 平野 敦也

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 清水 仁

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所原子力事業部内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

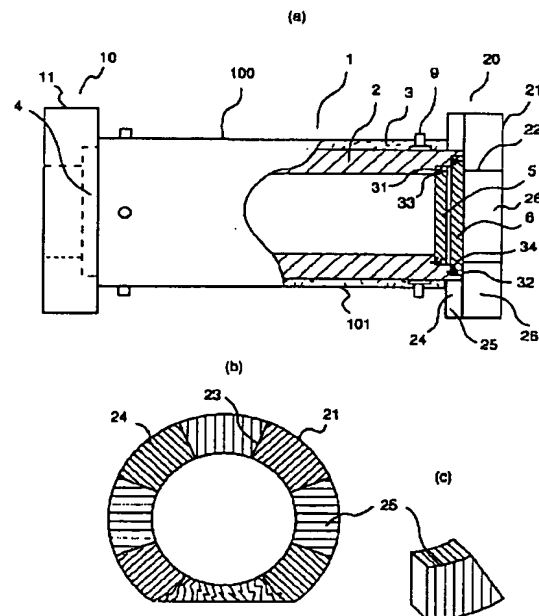
(54) 【発明の名称】 燃料キャスク用衝撃緩衝体

(57) 【要約】

【課題】 衝撃緩衝体の座屈による崩壊を抑制する。

【解決手段】 上部衝撃緩衝体20は、断面がコの字の軸対称形状であり、内部に木材を充填し、外側をスチールカバー21で囲んで構成される。上部衝撃緩衝体20は、上面に形成されたへこみに内筒2を嵌めることによって、二次蓋6の上面と内筒2外面の上端部側面を覆っている。下部衝撃緩衝体10も上部衝撃緩衝体20と同じ構成を有する。上部衝撃緩衝体20は内筒2の外周面に対向するように積層板25を配置する。各積層板25は、同心円状に配置されたスチールカバー21と円筒状リブ22との間を放射状リブ23によって放射状に分割された領域内に充填される。各積層板25は、積層板の各積層の面の法線がキャスクの周方向となす角が25°以内となるように配置される。上部衝撃緩衝体20は積層板以外の部分にバルサ26を充填している。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】燃料を収納する筒状のキャスクの筒部側面を少なくとも包み、木材を用いた燃料キャスク用衝撃緩衝体において、

前記キャスクの側面に対向する部分が積層板で構成され、前記積層板の各積層の面の法線が前記キャスクの周方向となす角が  $25^\circ$  以内となるように前記各積層が配置されていることを特徴とする燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 2】燃料を収納する筒状のキャスクの筒部側面を少なくとも包み、木材を用いた燃料キャスク用衝撃緩衝体において、

前記キャスクの側面に対向する部分に位置する木材である第 1 木材に、前記第 1 木材が前記キャスクの軸方向に膨らむことを抑制する膨らみ抑制部材を取り付けたことを特徴とする燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 3】前記膨らみ抑制部材は軸方向において前記第 1 木材内にねじ込まれたネジであり、複数のネジが設けられている請求項 2 記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 4】前記膨らみ抑制部材が、前記軸方向において前記第 1 木材に取り付けられたボルト、及び前記ボルトに取り付けられたナットである請求項 2 記載燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 5】前記膨らみ抑制部材が、前記軸方向において前記第 1 木材内に通された金属製、木材製及び繊維強化樹脂製のいずれかの棒であり、この棒が前記第 1 木材に接着されている請求項 2 記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 6】前記膨らみ抑制部材が、前記軸方向において前記第 1 木材に形成された複数の貫通孔内に通されたワイヤである請求項 2 記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 7】隣接した前記貫通孔を通る前記ワイヤ同士を結んでネットを構成する請求項 6 記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 8】前記第 1 木材が積層板であり、前記積層板の各積層の面の法線が前記キャスクの周方向となす角が  $25^\circ$  以内となるように前記各積層が配置されている請求項 2 記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 9】前記膨らみ抑制部材が、前記軸方向において前記第 1 木材を挟むように前記積層板の両側にそれぞれ配置された第 2 木材である請求項 2 記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 10】前記第 2 木材は、繊維方向と前記軸方向とのなす角が  $25^\circ$  以内となるように配置された単一材、及び各積層の面の法線と半径方向とのなす角が  $25^\circ$  以内となるように配置された積層板のいずれかである請求項 9 記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 11】前記膨らみ抑制部材が、前記第 1 木材の

前記軸方向における両面に、半径方向に伸びて配置された金属部材である請求項 2 に記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 12】前記金属部材は短冊状の金属ベルトであり、前記金属ベルト面の法線とキャスク軸方向とのなす角が  $70^\circ$  以上  $110^\circ$  以下である請求項 11 に記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 13】前記金属部材は前記第 1 木材の半径方向の長さよりも短い長さを有するガイド板であり、複数の前記ガイド板が周方向に配置されている請求項 11 記載の燃料キャスク用衝撃緩衝体。

【請求項 14】燃料を収納する筒状のキャスクの筒部側面を少なくとも包み、木材を用いた燃料キャスク用衝撃緩衝体において、

前記キャスクの側面に対向する部分に位置する木材である第 1 木材が、複数の木材部を半径方向に接合して構成されていることを特徴とする燃料キャスク用衝撃緩衝体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、核燃料等を輸送、貯蔵するキャスクの落下時における衝撃を緩和する燃料キャスク用衝撃緩衝体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、使用済み核燃料は、原子力発電所内に設けられた冷却プールで、放射線量が一定レベル以下に低下するまで保管されたのち、遮蔽機能及び密封機能を有した燃料輸送貯蔵キャスクに納められ、燃料処理施設まで輸送されるか、中間貯蔵施設まで輸送した後キャスクに収納された状態で貯蔵される。輸送時及び取扱い時の万一の事故に備え、キャスクは、9m 上方からの落下に対しても、所定の遮蔽機能及び密封機能を有していることが義務づけられている。そこで、輸送時及び取扱い時には、通常、キャスクの上下端に衝撃緩衝体を取付け、万一の落下時の衝撃を十分緩和させている。

【0003】衝撃緩衝体は、キャスク本体との寸法の取合いから、いろいろな落下姿勢に対してキャスク本体の一部が着床するのを防ぐために各落下姿勢ごとに許容変形量があり、9m 上方からの落下に対して許容変形量内で衝撃を吸収するために、各落下姿勢の変形領域に合わせて所定の圧縮応力以上を発生する材料が緩衝材として使用されている。

【0004】キャスクの燃料収納効率を高める際には、強度設計上、許容変形量内で落下時の加速度を極力抑えることが可能な衝撃緩衝体であることが要求される。これに対応して緩衝材には、圧縮応力が、収縮初期から終了まで一定値を示すものが望まれる。圧縮時にこのような特性を示すものとして、周囲を拘束した木材の繊維方向圧縮や、金属パイプの軸方向圧縮や、ハニカム構造材のセル角筒軸方向圧縮等、材料の座屈現象が関係する事

例が知られている。そして現在までの燃料輸送用キャスクの衝撃緩衝体に最も適用例が多いのが木材である。

【0005】従来の衝撃緩衝体については、特開2001-83291号公報に開示されているように、キャスク本体の両端面部分および両端面部分側の一部周面をそれぞれ厚みを持たせてキャスク用衝撃緩衝体を外装し、キャスク本体の軸に対して垂直な方向に衝撃吸収能力が高い材もしくは垂直な方向に木目を持つ材によってキャスク本体の両端面部分側の一部周面をそれぞれ円筒状に外装する円筒部材を備えている。そして、前記衝撃吸収能力が高い材は、レッドウッド、米杉、米ヒバ、ポリウレタンフォーム、あるいは発泡スチロールであることが示されている。

【0006】また、特許第3032810号公報に開示されているように、衝撃リミッターの環状本体内の衝撃吸収部材がアルミニウム蜂の巣状体の例がある。

【0007】特許第2952283号公報の「従来の技術」の項目に開示されているように、ショックアブソーバーとして、バルサーウッド、積層板、ゴム、パーミキュライトコンクリートなどが用いられてきたとの記載がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】経済性・加工性及び使用実績に優れる木材は、繊維方向に大規模に圧縮した場合に繊維の座屈が連続的に生じほぼ一定の圧縮応力を生じるため、衝撃吸収性能としても優れているが、座屈崩壊の発生を防ぐために側面を十分に拘束しておくことが必要である。特開2001-83291号公報にあるように、キャスク本体の端部側面の外周領域において、繊維がキャスク軸方向に対して垂直になるように木材を充填した場合は、キャスク円筒軸が水平もしくは水平に近い姿勢で落下衝突した際に、木材が座屈崩壊して圧縮応力の急減と共に衝撃吸収能力が低下し、想定以上に衝撃緩衝体に変形する危険性がある。これは、キャスク端部側面の外周領域では、木材の繊維方向の圧縮に対して、キャスク中央部側の側面の拘束が不十分なため衝撃緩衝体カバーの座屈と共に、軸方向中央部側に座屈後の木材が流れ込むためである。さらに、高性能衝撃緩衝体を設計する上で、精度のよい性能評価解析が欠かせないが、木材の座屈崩壊時には、応力挙動が不安定となるため、仮に座屈崩壊時の応力低下を評価し得たとしても解析精度が低下するという課題がある。

【0009】木材として積層板で代表される各層の繊維方向を交互に変えた積層板を適用する場合についても、同様に側面の拘束が不十分な場合に座屈崩壊する。ただし、各層の面に垂直な方向に限定して座屈崩壊するため、配向を工夫することで座屈崩壊を防げる可能性があるが、検討された公知例はない。

【0010】木材の代わりにアルミハニカム材等を使用する場合は、材料費が高くつき経済的なデメリットがあ

る。

【0011】本発明の目的は、座屈による崩壊を抑制できる衝撃緩衝体を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成する本発明の特徴は、キャスクの側面に対向する部分が積層板で構成され、その積層板の各積層の面の法線が前記キャスクの周方向となす角が $25^\circ$ 以内となるように各積層が配置されていることにある。

【0013】積層板はその性質上、各層の面の法線方向に座屈崩壊しようとするので、キャスクが概ね水平姿勢で落下衝突した時に積層板が主に周方向に座屈崩壊しようとするが、隣接する積層板同士が拘束し合うため、座屈崩壊せずに安定して衝撃を吸収することが可能である。さらに、緩衝性能の安定化を図る上で、各積層の面の法線をキャスク周方向に揃えるのが望ましいが、周方向からのずれを $25^\circ$ 以内におさえることにより、強度の低下を20%以内におさえ、安定した品質を保つことが可能となる。

【0014】上記の目的を達成する他の特徴は、キャスクの側面に対向する部分に位置する木材である第1木材に、第1木材が前記キャスクの軸方向に膨らむことを抑制する膨らみ抑制部材を取り付けたことにある。膨らみ抑制部材が、キャスクが概ね水平姿勢で落下衝突した時に第1木材が軸方向に膨らんで座屈崩壊しようとするのを阻止するため、座屈崩壊せずに安定して衝撃を吸収することが可能である。

【0015】上記の目的を達成する他の特徴は、キャスクの側面に対向する部分に位置する木材である第1木材が、複数の木材部を半径方向に接合して構成されていることにある。これにより、各木材部におけるアスペクト比(径方向長さ/軸方向長さ)が小さくなるので、座屈崩壊すること無く安定した第1木材の圧縮が実現可能であり、安定した衝撃吸収性能を発揮させることが可能である。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施例を図面により説明する。

【0017】燃料輸送貯蔵キャスクに適用される本発明の一実施例である実施例1の衝撃緩衝体を図1に基づいて説明する。燃料輸送貯蔵キャスク1は、胴体100、胴体100の下端に結合している底板4、胴体100の上部に固定されている一次蓋5、胴体上端部に固定されている二次蓋6、胴体下端部側面及び底板を包むように取付けられた下部衝撃緩衝体10、胴体上端部側面及び二次蓋6を包むように取付けられた上部衝撃緩衝体20、及び胴体内部に収納されているバスケット(図示せず)とで構成されている。使用済み燃料集合体は、一休ずつバスケットのしきりで形成される集合体収納空間内に収納される。一次蓋5及び二次蓋6は、使用済み燃料

集合体が収納された後に、内筒2に取り付けられる。バスケットは内筒2内に設置されている。胴体100は、炭素鋼製の円筒である内筒2、内筒2の外面を両端部を除いて取り巻く樹脂製の中性子遮蔽体3、中性子遮蔽体3の外面を覆う炭素鋼製の薄板にて構成される外筒101、及び中性子遮蔽体3の両端部に円周方向に90°間隔で4つつ設けられた吊上げ及び固定用のトラニオン9で構成される。胴体100は、使用済み燃料集合体からの放射線を遮蔽する機能とキャスク取扱い及び運搬時のハンドリング機能を有している。底板4は、炭素鋼製の円盤であり、内筒2下端に隙間なく結合している。一次蓋5は、炭素鋼製の円盤であり、内筒2上部で、内筒2の内部空間を密封するようにガスケット33を挟んでボルト31で縁を締められている。二次蓋6は、炭素鋼製の円盤であり、一次蓋5の上面を覆い、内筒2の上端部で一次蓋を含む内部空間を密封するようにガスケット34を挟んでボルト32で縁を締められている。一次蓋5及び二次蓋6は、内部の放射性物質の漏洩を防いでいる。

【0018】上部衝撃緩衝体20は、断面がコの字の軸対称形状であり、内部に木材を充填し、外側をステンレス製のスチールカバー21で囲んで構成される。上部衝撃緩衝体20は、上面に内筒2の外径に合わせたへこみを形成しており、このへこみに内筒2を嵌めることによって、二次蓋6の上面と内筒2外面の上端部側面を覆っている。下部衝撃緩衝体10は、断面がコの字の軸対称形状であり、内部に木材を充填し、外側をステンレス製のスチールカバー11で囲んで構成される。下部衝撃緩衝体10は、上面に内筒2の外径に合わせたへこみを形成しており、このへこみに内筒2を嵌めることによって、底板の下面と内筒2外面の下端部側面を覆っている。上部衝撃緩衝体20及び下部衝撃緩衝体10は、外部及び内部のカバーリブ構造、充填木材の種類・配置・配向において、基本的に同一である。以下では、代表して、上部衝撃緩衝体20について詳細に説明することにする。

【0019】上部衝撃緩衝体20は、中心軸を燃料輸送貯蔵キャスク1の軸心と合わせ、図1(b)の内筒上端部の緩衝体断面図に示すように、スチールカバー21、内筒2よりも直径が小さい円筒状リブ22(図1(a)に示す)、及び8枚の放射状リブ23を備えている。各放射状リブ23は、板であって上部衝撃緩衝体20の周方向に45°置きに配置され、円筒状リブ22の側面から上部衝撃緩衝体20の外周に向かって放射状に設置される。各放射状リブ23は円筒状リブ22側面とスチールカバー21側面に溶接接合されている。上部衝撃緩衝体20は、放射状リブ23間及び円筒状リブ22内部に充填木材を配置しており、内筒上端部側面の外周に位置する環状領域24において、積層板25を充填し、その他の領域にバルサ26を充填している。積層板25及び

バルサ26は共に充填木材である。

【0020】積層板25は厚さ約3ミリのダグラスファ一の薄板を繊維が互いに直交するように積層した積層板であり、比重は0.6g/cm<sup>3</sup>である。積層板25の高速圧縮時における応力とひずみ関係を図2に示す。図中、(イ)は積層板25の周囲を拘束して各層に平行に圧縮した場合、(ロ)は積層板25の周囲を拘束せずに各層に平行に圧縮した場合、(ハ)は積層板25の周囲を拘束してもしくは拘束せずに各層に垂直に圧縮した場合である。図2から、積層板25は、強い強度異方性を持ち、(イ)のように、周囲を拘束して座屈崩壊を防いだ状態で、各層に平行に圧縮した時の圧潰応力が高く、約30MPaである。また、(イ)は比較的平坦な圧潰応力であるため、3つの条件の中では、限られた変形量・圧縮反力の中で最もエネルギーを吸収することができる。

【0021】バルサ26は単一材であり、比重は0.1~0.2g/cm<sup>3</sup>である。バルサ26も積層板25と同様に、強い強度異方性を持ち、繊維に平行に圧縮した時の圧潰応力が高く、10~20MPaである。

【0022】図3は、積層板25のような積層板や、バルサのような単一材を各層に平行もしくは繊維に平行に圧縮した時の圧縮形態と周囲拘束の関係を示した模式図である。周囲の拘束が不十分であると、積層板の場合は、図3(a)のように各層の面に垂直な方向に座屈崩壊し、単一材の場合は、図3(b)のように繊維に垂直な周囲方向に座屈崩壊する。座屈崩壊すると、図2の(ロ)のように、応力が急減するため、本来期待されている高い衝撃吸収能力を生かすことができなくなってしまう。また、座屈崩壊による応力の低下幅は、周囲拘束の度合いに左右され不安定であるので、衝撃緩衝体を設計する上で、その性能を評価するのが難しくなる。

【0023】図1(c)のように、積層板25は、放射状リブ23で仕切られた各ブロック毎に、同一の配向を成しており、ブロックの中央の積層において、層の面の法線が周方向に平行となるように配置されている。この配置方法により、キャスクが概ね水平姿勢で落下衝突した際に積層板25は上述した積層板の性質から主に周方向に座屈崩壊しようとする。しかし、図1(b)のように周方向に並ぶ積層板25同士及び放射状リブ23が座屈方向に拘束するため、座屈崩壊を防ぐことができ、結果として、積層板25に本来期待されている衝撃吸収特性を生かし、効率良く衝撃を吸収することが可能となる。更に、衝撃吸収特性が安定するので、衝撃緩衝体の変形量やキャスクに伝わる加速度等の性能評価がより高精度になり、要求仕様に見合った合理的な衝撃緩衝体を構成することが可能となる。また、図1(b)のように、下方にハの字に伸びる放射状リブ23の中間が真下になった状態で衝突した場合と、放射状リブ23が真下になった状態で衝突した場合とでは、積層板25の各層

の方向と落下方向とが理論上 $22.5^\circ$ 異なる。木材の配置方向と圧縮方向との関係に関するhankinsonの式によれば、その配置方向との角度差による圧縮強度の変動は、20%以内であり、衝突箇所による衝撃緩衝体性能の変動を安定に保つことができる。

【0024】図4は、本実施例との比較のために示した参考例の衝撃緩衝体断面の一部である。図4(a)では、燃料輸送貯蔵キャスク1に取り付けられた衝撃緩衝体36は、内筒2の上端部側面の外周に位置する環状領域24において、各層がキャスク1の軸方向に垂直となるように積層板41を配置しており、図4(b)では、燃料輸送貯蔵キャスク1に取り付けられた衝撃緩衝体37は、環状領域24において、繊維が半径方向を向くようにレッドウッド42を配置している。レッドウッド42は、単一材であり、比重は $0.3 \sim 0.4 \text{ g/cm}^3$ であり、積層板とほぼ同等な圧潰応力を有している。図4(a)及び図4(b)の構造において、燃料輸送貯蔵キャスク1が概ね水平姿勢で落下した際には、スチールカバー21が軸方向に座屈し、空間が生じるので、軸方向からの拘束がなくなり、結果として、この空間を生めるように積層板41及びレッドウッド42が座屈崩壊する。図5は、燃料輸送貯蔵キャスク1が水平姿勢で落下衝突した時のキャスクの変位と加速度との関係を模式的に示したものである。(二)は、本実施例により衝撃緩衝体の座屈崩壊を防いだ場合であり、(ロ)は図4の(a)及び(b)のように衝撃緩衝体が座屈崩壊が生じた場合である。衝撃緩衝体の座屈崩壊によって、加速度が減少し最大変位が増加するが、衝撃緩衝体の座屈崩壊の度合いを正確に見積もることは難しく、加速度と変位の関係曲線は予測精度が落ちる。したがって、図4のような参考例では、本来期待されている衝撃緩衝体の衝撃吸収特性を十分に生かすことができないため、安全率を大きくとった衝撃緩衝体の設計が必要になる。

【0025】燃料輸送貯蔵キャスクに適用される本発明の他の実施例である実施例2の衝撃緩衝体を図6に基づいて説明する。図6(a)は燃料輸送貯蔵キャスク1の胴体上端部で燃料輸送貯蔵キャスク1の軸心を通る断面の半分の構造を図示している。本実施例における上部衝撃緩衝体20Aは、胴体100の上端部に設けられる。上部衝撃緩衝体20Aは、内筒2の上端部側面の外周に位置する環状領域24において、燃料輸送貯蔵キャスク1の軸方向に対して積層板25の各層が垂直となるように積層板25を配置している。木ネジ52が積層板25を軸方向に貫通して積層板25に取り付けられている。木ネジ52は、鋼鉄製であり、ドライバー等の工具を用いて、軸方向にねじ込むことで容易に固定される。図6(b)に示すように、木ネジ52は、所定の間隔をおいて積層板25に多数ねじ込まれている。このように木ネジを配したことにより、キャスクが概ね水平姿勢で落下衝突した際に、積層板25は各層がその配向により軸方

向に座屈崩壊しようとするが、各木ネジ52の近傍では軸方向への木材の座屈崩壊が拘束されるので、全体として軸方向への座屈崩壊を防ぐことが可能となり、実施例1と同等の効果が得られる。図示されていないが、上部衝撃緩衝体20Aと同じ構成を有する下部衝撃緩衝体10Aが、内筒2の下端部に設置される。

【0026】実施例2において、木ネジ52の代わりに鋼鉄棒を、積層板25に形成された、軸方向に貫通した穴に挿入し、積層板25と鋼鉄棒を接着させてもよい。この場合、各鋼鉄棒が積層板25の軸方向への座屈崩壊を拘束する。

【0027】また、図7に示すように、木ネジ52の代わりに鋼鉄製の拘束ボルト62を、積層板25に形成された、軸方向に貫通した穴65に挿入し、拘束ボルト62に拘束ナット63で締結させてもよい。64は座金である。本例においては、各拘束ボルト62、拘束ナット63及び座金64が燃料輸送貯蔵キャスク1の軸方向への積層板25の座屈崩壊を拘束する。拘束ボルト62は、両端がナット及びボルト頭部で止められているので、木ネジ52に比較して積層板25の座屈崩壊防止の確実性が更に増大する。

【0028】また、図8に示すように、木ネジ52の代わりにワイヤ72を、積層板25に形成された、軸方向に貫通したそれぞれの貫通孔73に順次通し、近接する貫通孔73を通したワイヤ72を結んで積層板25の表面に崩壊防止ネット74を形成してもよい。積層板25は、軸方向に座屈崩壊しようとした時に、崩壊防止ネット74によって拘束され、座屈崩壊が防止される。貫通孔73にワイヤ72を通すだけなので作業が単純であり、貫通孔に通すワイヤ72の本数を変えるだけで拘束力を調節可能であるし、崩壊防止ネット74が全面に張り巡らされているので、座屈崩壊をより確実に防止することが可能となる。

【0029】燃料輸送貯蔵キャスクに適用される本発明の他の実施例である実施例3の衝撃緩衝体を図9に基づいて説明する。図9は燃料輸送貯蔵キャスク1の胴体上端部で燃料輸送貯蔵キャスク1の軸心を通る断面の一部の構造を図示している。本実施例における上部衝撃緩衝体20Bも、胴体100の上端部に設けられる。上部衝撃緩衝体20Bは、内筒2の上端部側面の外周に位置する環状領域24において、積層板25と同様に、燃料輸送貯蔵キャスク1の軸方向に対して積層板81の各層が垂直となるように積層板81を配置している。積層板81は、半径方向において所定間隔で分割され、それらの分割片同士が分割面82で接着剤により接着されている。積層板81は、半径方向に分割された分割片を接合しているので各分割片のアスペクト比(縦/横比)が小さくなり、各分割片内で座屈崩壊することが無くなる。また接着は傾斜姿勢落下時においても、積層板81を一体に保つために成されるもので、隣接部材間に繊維が通

っていないので、各部材にまたがるような大きな座屈は生じない。従って、本積層板 81 の構造により、キャスクが概ね水平姿勢で落下衝突した際に、軸方向への座屈崩壊を防ぐことが可能となり、実施例 1 と同等の効果が得られる。

【0030】燃料輸送貯蔵キャスクに適用される本発明の他の実施例である実施例 4 の衝撃緩衝体を図 10 に基づいて説明する。図 10 は燃料輸送貯蔵キャスク 1 の胴体上端部で燃料輸送貯蔵キャスク 1 の軸心を通る断面の一部の構造を図示している。本実施例における上部衝撃緩衝体 20C も、胴体 100 の上端部に設けられる。

【0031】上部衝撃緩衝体 20C は、内筒 2 の上端部側面の外周に位置する環状領域 24 において、燃料輸送貯蔵キャスク 1 の軸方向に対して各層が垂直となるように積層板 25 を配置している。上部衝撃緩衝体 20C は、更に、燃料輸送貯蔵キャスク 1 の軸方向において、積層板 25 の両側で積層板 25 にそれぞれ接触するようにバルサ 92 を配置している。各バルサ 92 は、繊維の向きが燃料輸送貯蔵キャスク 1 の軸方向となるようには配置される。積層板 25 及びバルサ 92 の配置によって、燃料輸送貯蔵キャスクが概ね水平姿勢で落下衝突した際に、積層板 25 は軸方向に座屈崩壊しようとするが、両側に位置するバルサ 92 は繊維に垂直に圧縮されるので座屈崩壊しない。このため、積層板 25 のその軸方向への座屈崩壊を防ぐことが可能となり、実施例 1 と同等の効果が得られる。

【0032】実施例 4 の上部衝撃緩衝体 20C において、バルサ 92 の代わりに、図 11 に示すように、積層板 25 の両側に放射状に等角度間隔で多数の金属格子 112 を並べて配置してもよい。各金属格子 112 は、ステンレス製であり、キャスク軸方向に平行な面をもつ短冊状のものである。各金属格子 112 は、水平姿勢での衝突時の衝撃を和らげるためにわん曲しており、両端でスチールカバー 21 の側面に溶接接合されている。この構造により、キャスクが概ね水平姿勢で落下衝突した際に、両側に位置する金属格子 112 は主にキャスク径方向に座屈し、軸方向に座屈しないので、積層板 25 の軸方向への座屈崩壊を防ぐことが可能となり、実施例 1 と同等の効果が得られる。

【0033】また、実施例 4 の上部衝撃緩衝体 20C において、バルサ 92 の代わりに、図 12 (a) に示すように積層板 25 の両側に 7.5 度間隔で外周ガイド板 122 と内周ガイド板 123 とを交互に並べてもよい。両ガイド板はステンレス製であり、径方向の長さは積層板 25 の半分であり、並べた状態で周方向にガイド板 1 枚分の間隔が空くような幅にしてある。外周ガイド板 122 は、スチールカバー 21 の外周側面に溶接接合され、内周ガイド板 123 は、スチールカバー 21 の内周側面に溶接接合されている。この構造により、キャスクが概ね水平姿勢で落下衝突した際に、図 12 (b) に示すよう

に、両側に位置する外周ガイド板 122 と内周ガイド板 123 は互いにかみ合うようにして間隔を詰め、積層板 25 の軸方向への動きを拘束するので、座屈崩壊を防ぐことが可能となり、実施例 1 と同等の効果が得られる。

【0034】なお、実施例 2～実施例 4 では、積層板の代わりに、レッドウッドのような単一材を半径方向に繊維が向くように配置した場合についても同様に軸方向への座屈崩壊を防ぐことが可能である。この場合単一材であるので、周方向へも座屈崩壊しようとするが、放射状リブ 23 及び周方向に並ぶ木材同士が拘束するため座屈崩壊しない。以上より、単一材を径方向に繊維を配向させて使用した場合についても実施例 1 と同等の効果が得られる。

#### 【0035】

【発明の効果】本発明によれば、燃料キャスクが万一落下した場合でも、衝撃緩衝体を構成する木材の座屈を抑制でき、燃料キャスクへの衝撃を緩和できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の好適な一実施例である実施例 1 の衝撃緩衝体に取り付けられる燃料輸送貯蔵キャスクの概略構造を示すと共にその衝撃緩衝体の構造を示しており、

(a) は実施例 1 の衝撃緩衝体に取り付けられた燃料輸送貯蔵キャスクの構造図であり、(b) は実施例 1 の衝撃緩衝体の縦断面図であり、(c) は実施例 1 の衝撃緩衝体を構成する木材ブロックの斜視図である。

【図 2】積層板の高速圧縮時の応力とひずみとの関係を示す特性図である。

【図 3】木材の圧縮形態と拘束状態との関係を示す説明図である。

【図 4】実施例 1 の衝撃緩衝体との比較のために示した参考例の衝撃緩衝体の構造図の一部である。

【図 5】燃料輸送貯蔵キャスクが水平姿勢で落下衝突した場合における燃料輸送貯蔵キャスク変位と加速度との関係を示す特性図である。

【図 6】本発明の他の実施例である実施例 2 の衝撃緩衝体を示し、(a) は衝撃緩衝体の一部分の断面図であり、(b) は衝撃緩衝体を構成する木材ブロックの斜視図である。

【図 7】実施例 2 の衝撃緩衝体の他の実施例の断面図である。

【図 8】実施例 2 の衝撃緩衝体を構成する木材ブロックの他の実施例の斜視図である。

【図 9】本発明の他の実施例である実施例 3 の衝撃緩衝体の一部分の断面図である。

【図 10】本発明の他の実施例である実施例 4 の衝撃緩衝体の一部分の断面図である。

【図 11】実施例 4 の衝撃緩衝体を構成する木材ブロックの他の実施例の斜視図である。

【図 12】実施例 4 の衝撃緩衝体を構成する木材ブロックの他の実施例を示し、(a) はその木材ブロックの斜



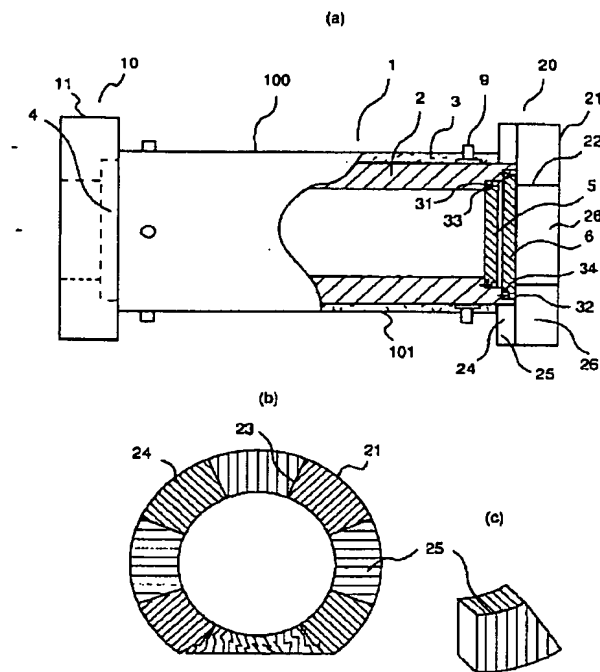
視図であり、(b)は燃料輸送貯蔵キャスクが落下したときにおけるその木材ブロックの状態を示す斜視図である。

【符号の説明】

1…燃料輸送貯蔵キャスク、2…内筒、3…中性子遮蔽体、4…底板、5…一次蓋、6…二次蓋、10…下部衝撃緩衝体、11、21…スチールカバー、20…上部衝

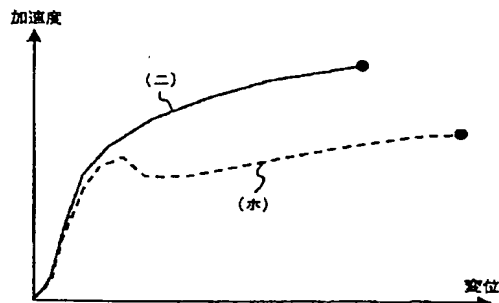
【図 1】

図 1



【図 5】

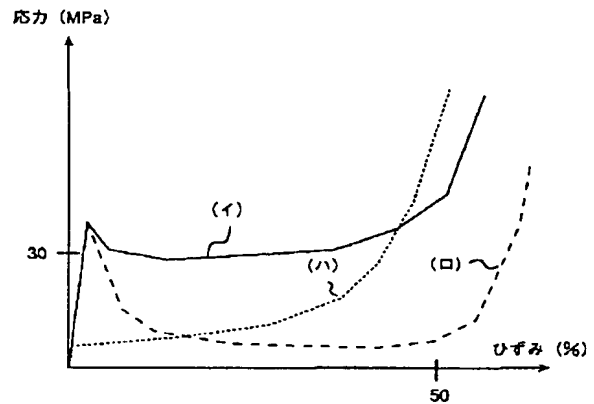
図 5



撃緩衝体、22…円筒状リブ、23…放射状リブ、25、41…積層板、26、92…パルサ、42…レッドウッド、52…木ネジ、62…拘束ボルト、63…拘束ナット、65…穴、72…ワイヤ、73…貫通孔、74…崩壊防止ネット、100…胴体、112…金属格子、122…外周ガイド板、123…内周ガイド板。

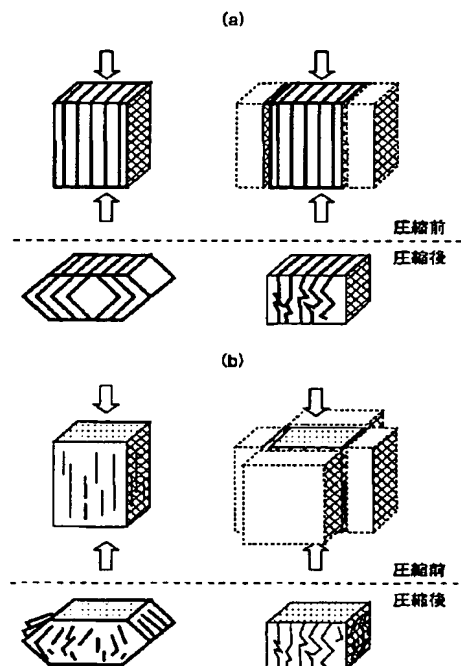
【図 2】

図 2



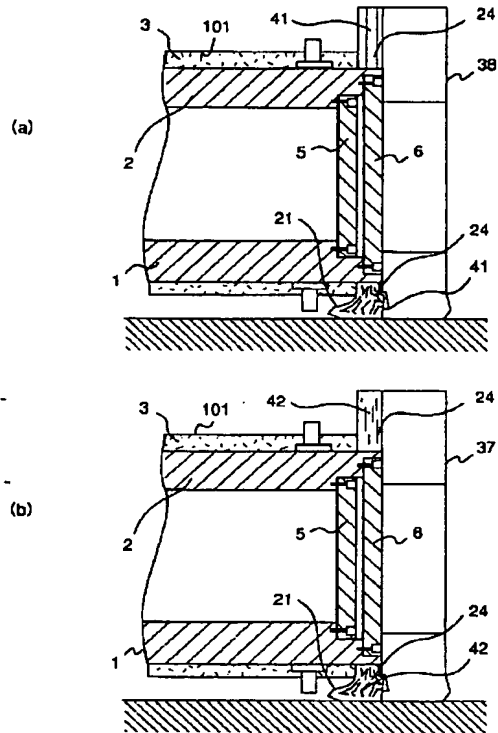
【図 3】

図 3



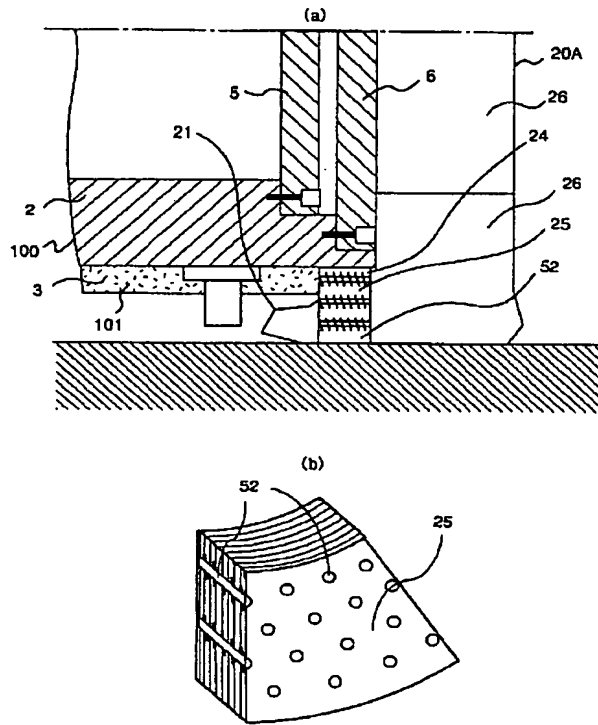
【図 4】

図 4



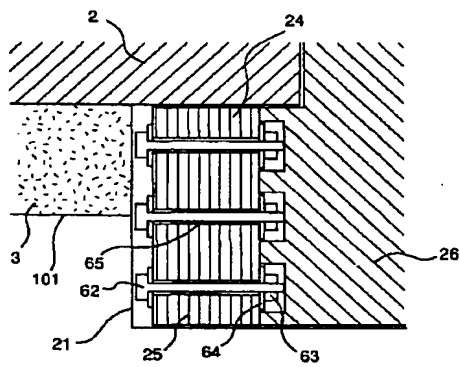
【図 6】

図 6



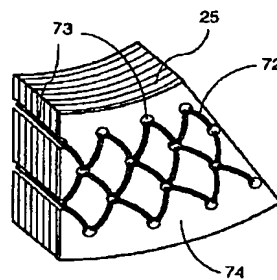
【図 7】

図 7



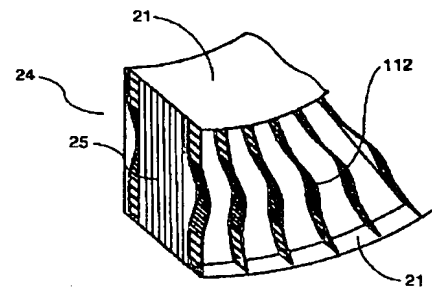
【図 8】

図 8



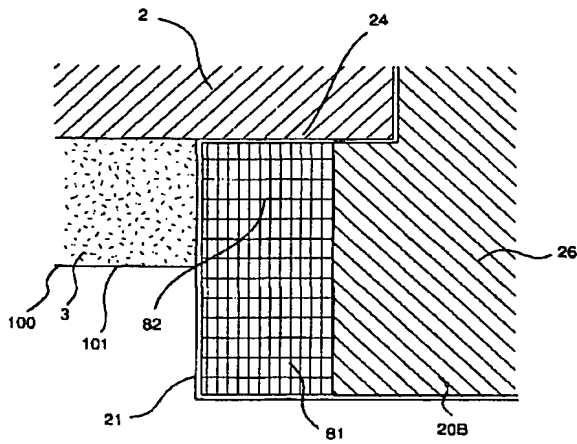
【図 11】

図 11



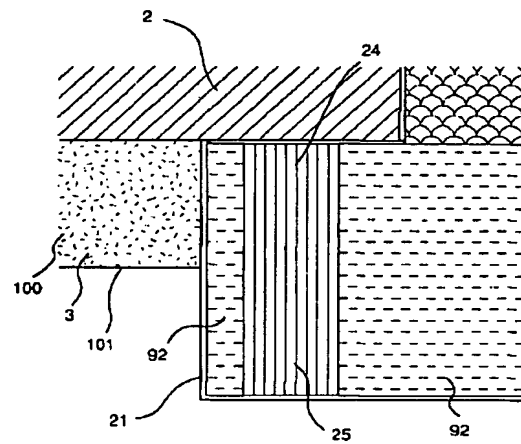
【図 9】

図 9



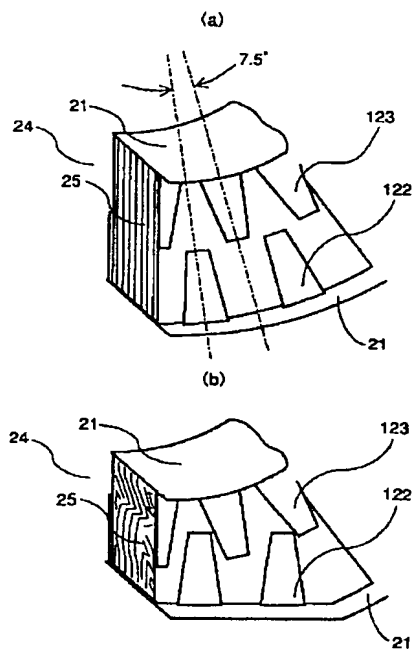
【図 10】

図 10



【図 12】

図 12



フロントページの続き

(72) 発明者 根布 景  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

(72) 発明者 青池 聡  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

(10)

特開 2 0 0 3 - 3 1 5 4 9 3

(72) 発明者 中根 一起  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**